

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

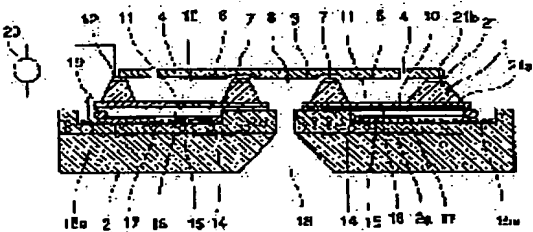
(11)Publication number : 2002-144589  
(43)Date of publication of application : 21.05.2002

(51)Int.Cl. B41J 2/16  
B41J 2/045  
B41J 2/055

(21)Application number : 2000-347777 (71)Applicant : RICOH CO LTD  
(22)Date of filing : 15.11.2000 (72)Inventor : HASHIMOTO KENICHIRO

(54) INK JET HEAD

(57)Abstract:  
PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem that a silicon substrate cracks to cause incomplete bonding of substrates.  
SOLUTION: Heavily doped p-type impurity layers are formed on the opposite sides of a silicon substrate 21 such that the dosage of impurities in a heavily doped p-type impurity layer 21b on the surface where a diaphragm 10 is not formed is lower than the dosage of impurities in a heavily doped p-type impurity layer 21a on the surface where the diaphragm 10 is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.12.2004  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-144589

(P2002-144589A)

(43) 公開日 平成14年5月21日 (2002.5.21)

| (51) Int. Cl. | 識別記号  | F I     | テームト* (参考) |
|---------------|-------|---------|------------|
| B 4 1 J       | 2/16  | B 4 1 J | 3/04       |
|               | 2/045 |         | 1 0 3 H    |
|               | 2/055 |         | 2 C 0 5 7  |
|               |       |         | 1 0 3 A    |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-347777 (P2000-347777)

(22) 出願日 平成12年11月15日 (2000.11.15)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

(72) 発明者 橋本 憲一郎

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(74) 代理人 230100631

弁護士 稲元 富保

F ターム (参考) 20057 AF65 AF69 AF93 AG14 AG54

AP14 AP34 AP57 AP58 AP61

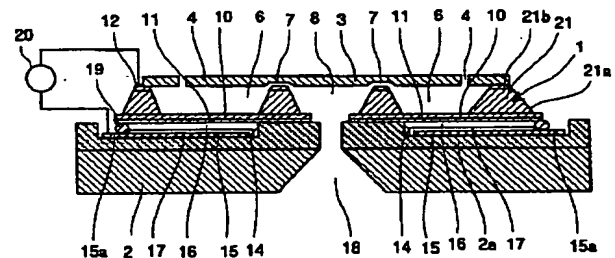
AQ02

(54) 【発明の名称】 インクジェットヘッド

(57) 【要約】

【課題】 シリコン基板の割れ、基板同志の接合不良が発生する。

【解決手段】 振動板 10 を形成しない面の高濃度 p 型不純物層 21 b の不純物のドーソ量が振動板 10 を形成する面の高濃度 p 型不純物層 21 a の不純物のドーソ量よりも小さくなるように、シリコン基板 21 の両面に高濃度 p 型不純物層を形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インク滴を吐出するノズルと、前記ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面で形成する振動板と、この振動板を変形変位させる駆動手段とを備えたインクジェットヘッドにおいて、前記振動板を形成する基板は両面に高濃度p型不純物層を形成したシリコン基板であり、前記振動板を形成しない面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパメント量が前記振動板を形成する面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパメント量よりも小さいことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項2】 請求項1に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記振動板を形成しない面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパメント量が前記振動板を形成する面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパメント量の20～95%の範囲内にあることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項3】 請求項1又は2に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記高濃度p型不純物層が塗布拡散法で形成されたことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載のインクジェットヘッドにおいて、前記シリコン基板の型がp型であることを特徴とするインクジェットヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はインクジェットヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 プリンタ、ファクシミリ、複写装置等の画像記録装置或いは画像形成装置として用いるインクジェット記録装置において使用するインクジェットヘッドとしては、インク滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する吐出室（インク流路、インク室、圧力室、液室、加圧室、加圧液室等とも称される。）と、この圧力発生室の壁面を形成する振動板と、この振動板を変形変位させる駆動手段（圧電素子或いは振動板に対向する電極）とを備え、駆動手段で振動板を変形させて、吐出室内の圧力／体積を変化させることによりノズルからインク滴を吐出させるインクジェットヘッドが知られている。

【0003】 このような振動板を用いるインクジェットヘッドのうち、特に振動板とこれに対向する電極を用いる静電型インクジェットヘッドにおいては、振動板の機械的変位特性はインク滴吐出特性に大きく影響し、振動板の薄膜化、高精度化が必要になる。

【0004】 ところで、従前、振動板をシリコン（Si）基板にエッチングすることにより形成する場合、エッチング時間を管理して振動板の厚みを管理する方法が取られている。しかし、インクジェットヘッドが小型高性能化するにしたがって、振動板は薄膜化し、更に厚み精度が要求されるようになると、エッチング時間の管理だけでは困難となっている。

【0005】 そこで、特開平6-71882号公報などに記載されているように、エッチストップ技術を用い、p型不純物層ではエッチング速度が遅いことを利用し、p型不純物層のみをシリコン基板にエッチングすることにより残留せしめて、振動板となる薄膜を形成する方法などが取られている。

【0006】 このように、シリコン基板にp型不純物層を形成する方法としては、液体、固体等をソースとする気相拡散法、イオン注入法、拡散源をシリコン基板に直接コーティングする塗布法等がある。

【0007】 しかしながら、上記p型不純物層を形成する方法のうち、イオン注入法は、高価な注入装置を必要としたり、或いは、ドーピングできる濃度や深さに限界がある。また、気相拡散法は、基板に接するのが気体であるため、基板表面での拡散源の濃度が低く、高濃度に深く拡散させることが難しい。

【0008】 これに対し、塗布法による不純物拡散ではシリコン基板上に固体である高濃度拡散源が接しているため、ガスが接する気相拡散方法と比較して、高濃度の拡散や短時間の拡散が可能である。

【0009】 しかし、シリコン基板の片側のみに高濃度不純物層を形成すると、シリコン基板の厚みが薄い場合、高濃度不純物層の引っ張り応力により高濃度不純物層を形成する側に向かって凹形に反りが発生するという問題がある。シリコン基板に反りが発生すると、シリコン基板が割れてしまったり、或いはその後の電極を形成した基板やノズルを形成した基板との接合において接合不良が発生したり、或いはまた、ウェハカセット、ウェハホルダー、ウェハチャック等の治具、搬送装置等にセットできなくなるといった問題が生じる。

【0010】 そこで、従来のインクジェットヘッドにおいては、特開平9-216357号公報に記載されているように、振動板を形成する基板の両面に、拡散剤をスピンコーティングし、その後クリーンオープンでベーク乾燥して高濃度不純物拡散層を形成することによって、高濃度不純物拡散層の応力によるシリコン基板の反りを緩和するものが提案されている。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した従来のインクジェットヘッドのように、拡散剤を基板の両面にスピンコーティングし、その後クリーンオープンでベーク乾燥することで基板の両面に高濃度不純物拡散層を形成する場合、拡散剤をシリコン基板の両面にコーティングするためには、表面（振動板を形成しない面）に拡散剤をコーティングした後、裏面（振動板を形成する面）に拡散剤をコーティングするときに、その表面側の拡散剤の乾燥が不完全な状態でチャッキングしなければならないので、そのとき、乾燥の不完全な状態の拡散剤に異物が付着したり、或いは拡散剤が剥げ落ちたり、むらが生じたりするという課題がある。

【0012】ここで、裏面をコーティングする前にベークを入れて、その表面側の拡散剤を乾燥させるという方法も取ることができるが、表面と裏面についてそれぞれコーティング後にベークを入れなければならないので、製造工程が多くなり、製造コストが高くなるといった問題が生じる。また、両面にコーティングするので、拡散剤の材料コスト、コーティングのための工程コストが、片面の場合に比べて2倍となるといった問題がある。

【0013】また、上述したように、塗布拡散以外の方法で不純物層を形成するには、固体拡散法、イオン注入法、気相拡散法等がある。ここで、固体拡散法で基板の両面に拡散層を形成しようとする場合には、シリコン基板の両面側に固体拡散源をおくことによって可能であるが、材料コスト、工程コストが高くなる。また、イオン注入法においても基板の両面に拡散層を形成することが可能であるが、イオン注入を2回行う必要があり、これもコスト高である。さらに、気相拡散法においては、両面に拡散層を形成する場合でも片面と同等のコストで可能であるが、前述したように高濃度に深く拡散層を形成することが困難であり、エッチングストップにより振動板を形成するには不向きである。

【0014】さらに、シリコン基板の両面に拡散剤を塗布して高濃度不純物層を両面に形成した場合、振動板や吐出室を形成するための水酸化カリウム水溶液などによる異方性エッチングにおいては、シリコン基板の表面に形成した高濃度不純物層のためにエッチングが進まず、エッチング時間がかかり、コストが高くなるという課題もある。

【0015】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、低コストで、シリコン基板の反りを緩和したインクジェットヘッドを提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係るインクジェットヘッドは、振動板を形成する基板は両面に高濃度p型不純物層を形成したシリコン基板であり、振動板を形成しない面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量が振動板を形成する面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量よりも小さい構成としたものである。

【0017】ここで、振動板を形成しない面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量が振動板を形成する面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量の20～95%の範囲内にあることが好ましい。また、高濃度p型不純物層が塗布拡散法で形成されることが好ましい。さらに、シリコン基板の型がp型であることが好ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。図1は本発明を適用した静電型インクジェットヘッドの分解斜視説明図、図2は同ヘッドのノズル板を除いた上面説明図、図3は同ヘッドの

吐出室長辺方向に沿う模式的断面説明図、図4は同ヘッドの吐出室短辺方向に沿う模式的断面説明図である。

【0019】このインクジェットヘッドは、第一基板である流路基板1と、流路基板1の下側に設けた第二基板である電極基板3と流路基板1の上側に設けた第三基板であるノズル板4とを積層した構造を有し、これらにより、複数のノズル5、各ノズル5が連通するインク流路である吐出室6、吐出室6に流体抵抗部7を介して連通する共通インク室8などを形成している。

【0020】流路基板1には、吐出室6及びこの吐出室6の底部となる壁面を形成する振動板10を形成する凹部、共通インク室8を形成する凹部などを形成している。

【0021】この振動板10を形成する基板である流路基板1は、両面に高濃度p型不純物層である高濃度ボロン拡散層21a、21bを形成したp型のシリコン基板21であり、振動板10を形成しない面の高濃度ボロン拡散層21bのボロンのドーパ量は振動板を形成する面の高濃度ボロン拡散層21のボロンのドーパ量よりも小さくしている。ここで、高濃度p型不純物としては、ボロンを用いているが、ボロン(B)の他、ガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)等も用いることができる。

【0022】そして、ここでは、流路基板1は振動板となる厚み(深さ)に高濃度p型不純物であるボロンを拡散して高濃度ボロン拡散層21a及びこれよりドーパ量の小さい高濃度ボロン拡散層21bを形成し、高濃度ボロン拡散層21aをエッチングストップ層として高濃度ボロン拡散層21b側から異方性エッチングすることにより、吐出室6となる凹部等を形成するときに所望の厚さの振動板10を形成したものである。

【0023】なお、流路基板1の全面には、インクジェットヘッド駆動時に絶縁破壊やショートが起こるのを防止するため熱酸化により0.1 $\mu$ mのSiO<sub>2</sub>などの絶縁膜11を成膜している。

【0024】電極基板3には、凹部14を形成して、この凹部14の底面に振動板10に所定のギャップ16を置いて対向する電極15を形成し、この電極15と振動板10によって、振動板15を変位させて吐出室6の内容積を変化させるアクチュエータ部を構成している。この電極基板3の電極15上には振動板10との接触によって電極15が破損するのを防止するため、SiO<sub>2</sub>の絶縁層17を成膜している。なお、電極15を電極基板3の端部付近まで延設して外部駆動回路と接続手段を介して接続するための電極パッド部15aを形成している。

【0025】この電極基板3は、ガラス基板又はシリコン基板の表面に厚さ2 $\mu$ mの熱酸化膜3aを形成した厚さ0.6 $\mu$ mのシリコン基板上に、HF水溶液などでエッチングにより凹部14を形成し、この凹部14に窒化チタンなどの高耐熱性を有する電極材料をスパッタ、CVD、蒸着などの成膜技術で所望の厚さに成膜し、その

後、フォトレジストを形成してエッチングすることにより、凹部14にのみ電極15を形成したものである。また、シリコン基板には、インク供給口（インク取入口）18となる貫通穴が設けられている。

【0026】このインク供給口18となる貫通穴は、流路基板1と電極基板3を接合したときに、共通インク室8の下側に配置されるように設けられ、吐出室6の並びに沿って平行に長方形形状を形成している。このときインク供給口18（貫通穴）の流路基板1側での幅は共通インク室8の幅よりも小さい方が好ましい。

【0027】すなわち、結晶面方位（110）のシリコン基板で共通インク室8を形成すると、共通インク室8の隔壁は鋸状になるが、このとき、インク供給口18（貫通穴）の流路基板1側での幅が共通インク室8の幅よりも大きいと、鋸歯がインク供給口18からのインクの流れの中に存在することになり、インクが効率よく流れなくなり、インク供給が不十分となるおそれがある。そこで、インク供給口18（貫通穴）の流路基板1側での幅を共通インク室8の幅よりも小さくすることで、インクの効率的な流れを確保することができる。

【0028】上述した流路基板1と電極基板3とを陽極接合、直接接合等のプロセスで接合した後、ギャップ16の開口部をエポキシ樹脂などの封止材19で外気から気密封止する。なお、流路基板1と電極基板3とを接合した後のギャップ16の長さ（振動板10と電極15との間隔）は、0.2  $\mu\text{m}$ となっている。

【0029】ノズル板4は、例えばガラス又はプラスチック、ステンレス等の金属、シリコン等の薄板からなり、吐出室6に対応する位置に吐出室6の個数分のノズル5が形成されている。また、流路基板1の吐出室6と共通インク室8を連通するように流体抵抗部7を形成している。このノズル板4と振動板10を形成するシリコン基板21との接合によって、ノズル5に連通する吐出室6、流体抵抗部7及び共通インク室8が区画形成される。

【0030】また、流路基板1には共通電極12を設けている。この共通電極12は、Al等の金属をスパッタしてシンタリング（熱拡散）することにより付設しており、流路基板1との導通を確保して、半導体基板よりなる流路基板1とオーミックコンタクトを取っている。そして、共通電極12と各個別の電極15に通じる電極パッド部15aに、例えばリード線をボンディングしてドライバ20を接続する。

【0031】さらに、インク供給口18にはインク供給管を接着して接続することにより、共通インク室8、吐出室6等には、インクタンク（図示省略）からインク供給口18を通して供給されたインクを充填する。なお、使用するインクとしては、水、アルコール、トルエン等の主溶媒にエチレングリコールなどの界面活性剤と、染料又は顔料とを溶解又は分散させることにより調製した

ものを用いているが、インクジェットヘッドにヒーターなどを付設すれば、ホットメルトインクも使用できる。

【0032】このように構成したインクジェットヘッドにおいては、個別の電極15に対して、ドライバ20により、例えば、正の電圧パルスを印加することで、電極15の表面が正の電位に帯電し、この電極15に対向する振動板10の下面は負の電位に帯電するので、振動板10は静電気力によって吸引されて個別の電極15との間隔が狭まる方向へ撓む。このとき、振動板10が撓むことにより、インクがリザーバ（共通インク室）8からオリフィス（流体抵抗部）7を経由して吐出室6に供給される。

【0033】そこで、個別の電極15へ印加している電圧パルスをオフにし、蓄えられている電荷を放電することによって、上述のように撓んだ振動板10は元の位置に復元し、この復元動作によって、吐出室6の内圧が急激に上昇して、ノズル5からインク滴が記録紙（図示省略）に向けて吐出される。

【0034】この実施形態の流路基板1を形成するシリコン基板21としては、p型シリコン基板を用いている。すなわち、流路基板1を形成するシリコン基板21としてn型シリコン基板を用いると、高濃度ボロン拡散層21a、21bはp型であるので、共通電極12から振動板10の間はpnp接合が形成され、整流作用により電流が流れなくなり、駆動できなくなる。そこで、この実施形態ではシリコン基板21としてp型を用いているので、電流が流れなくなることはない。しかも、共通電極12の接続部には高濃度ボロン拡散層21bを形成しているので、コンタクト抵抗が小さく、高効率の駆動が可能になる。

【0035】次に、このインクジェットヘッドの製造工程について図5以降をも参照して説明する。まず、図5(a)に示すように、流路基板1となる高濃度ボロン拡散層21a、21bを形成したシリコン基板21を製造する。ここでは、結晶面方位（110）の厚さ200  $\mu\text{m}$ のp型シリコン基板21を用いて塗布拡散法によりボロンを拡散することにより、高濃度ボロン拡散層21a、21bを形成した。この高濃度ボロン拡散層21aは後に振動板10を形成するものであり、また、高濃度ボロン拡散層21bは応力によるシリコン基板21の反りを緩和するためのものである。

【0036】具体的には、シリコン基板21をアンモニア過水（液温80℃）にて5分、塩酸過水（温度80℃）にて5分で洗浄した後、その10%のフッ酸にて30秒間表面の酸化膜を除去し、図8に示すように、シリコン基板21の一面に塗布拡散源31をスピコートによって塗布する。

【0037】このようにシリコン基板21に塗布拡散源31をスピコートで塗布する場合、放射状に厚さむら（ストライエーション）が発生することがある。そのよ

うな場合には、スピコート時の風切り及び塗布拡散源31のスピコート中の乾燥を防ぐため、シリコン基板21全体を覆う蓋をかぶせると良い。

【0038】また、ストライエーションによって、ドライブ後に、 $B_2O_3$ 層を除去した後の高濃度ボロン拡散層21a、21bの表面に数十 $\mu m$ のピッチで凹凸が発生し、後の電極基板3との接合で不良が発生することがあるので、スピコート時に均一に塗布することが重要である。

【0039】なお、塗布拡散源31としては例えば東京応化工業製のFMK-58、MMK-40、6MK-37、3M-23等（いずれも商品名）を用いることができるが、その他のものを用いることもできる。ここでは塗布拡散源31に上記3M-23（商品名）を用いた。これは比較的ボロン濃度の低い塗布拡散源であり、スピコート後に常温で乾燥するので、塗布後のベークを特に入れなくてもよいが、ボロン濃度の高い塗布拡散源を用いる場合にはスピコート後にベークを入れたほうがよい。

【0040】塗布拡散源31の塗布後、図8に示すように、複数枚のシリコン基板21を石英或いはSiCなどでできたポート32に4mmの間隔を隔てて並べ、窒素を流した温度800℃の炉の中にロードする。その後、10分間は窒素に濃度2～3%の酸素を混入する。この酸素は拡散源に含まれる有機物を酸化して飛ばすために用いられる。その後、炉の温度を6℃/分のレートで1125℃まで上昇させ、その状態で40分保持した後、3℃/分のレートで800℃まで下げシリコン基板21を取り出す。

【0041】これにより、両面に高濃度ボロン拡散層21a、21bが形成されたシリコン基板21が得られた。このとき、シリコン基板21の塗布拡散源31を塗布した面には、図9に線aで示すように、ピーク濃度 $1E20atoms/cm^3$ 、表面からの深さ2 $\mu m$ での濃度 $5E19atoms/cm^3$ となる高濃度ボロン拡散層が形成されたので、これを振動板10を形成する高濃度ボロン拡散層21aとする。

【0042】また、シリコン基板21の塗布拡散源31を塗布していない面には、図9に線bで示すように、ピーク濃度 $7E19atoms/cm^3$ 、表面からの深さ2 $\mu m$ での濃度 $3E19atoms/cm^3$ となる高濃度ボロン拡散層が形成されたので、これを振動板10を形成しない面の高濃度ボロン拡散層21bとする。

【0043】すなわち、通常はシリコン基板の高濃度ボロン拡散層を形成しない面には酸化膜などの膜を付けておくが、ここではシリコン基板の塗布拡散源を形成しない面には何も膜を形成しておらず、ポート32上で向かい合った隣接するシリコン基板21、21の一方に形成した塗布拡散源31によって他方の塗布拡散源を形成しない面にもボロンが拡散され、この結果、一枚のシリコ

ン基板には塗布拡散源を形成した面にドーズ量が大きい高濃度ボロン拡散層が形成され、塗布拡散源を形成していない面に相対的にドーズ量が小さい高濃度ボロン拡散層が形成される。したがって、塗布拡散源を形成していない面のドーズ量はシリコン基板21、21の間隔によって調整することができる。

【0044】ここでは、各シリコン基板21を4mmの間隔を隔てて並べた結果、振動板を形成しない面（塗布拡散源31を形成しない面）には、振動板を形成する面（塗布拡散源31を形成した面）のドーズ量と比較して68%のドーズ量で高濃度ボロン拡散層21bが形成された。この場合、各シリコン基板21の間隔が狭すぎると拡散ドライブで基板21同士が接触し、貼り付いてしまうことがあるので、各シリコン基板21の間隔は1mm以上とすることが好ましく、また、この間隔が広すぎると拡散炉内のガスの流れが安定しなくなるので、各シリコン基板21の間隔は12mm以下にすることが好ましい。

【0045】このようなシリコン基板21、21の間隔で拡散を行った場合、塗布拡散源31を形成しない面にも、塗布拡散源31を形成した面のドーズ量の20%～95%のドーズ量で高濃度ボロン拡散層を形成できる。このように、振動板を形成しない面の高濃度ボロン拡散層21bのボロンのドーズ量を振動板を形成する面の高濃度ボロン拡散層21aのボロンのドーズ量の20%～95%にすることで、振動板を形成する高濃度ボロン拡散層21aの応力によるシリコン基板21の反りを緩和することができる。

【0046】また、厚さ200 $\mu m$ 以下の薄いシリコン基板を用いる場合には、特に振動板を形成しない面の高濃度不純物拡散層のドーズ量を振動板を形成する面の高濃度不純物拡散層のドーズ量の40%以上にすることで、シリコン基板の反りを確実に緩和することができる。

【0047】さらに、高濃度不純物拡散層を塗布拡散法で形成することにより、両面に高濃度不純物拡散層を形成する場合にも、材料コスト、工程コストともに片面に高濃度不純物層を形成する場合と同等にすることができ、低コスト化を図れる。

【0048】すなわち、通常、塗布拡散でシリコン基板21の両面に不純物拡散層を形成するためには、シリコン基板の両面に塗布拡散源を塗布するので、材料コスト、工程コストが高くなる。また、固体拡散法で通常の片面だけの拡散を行う場合には、図10(a)に示すように、固体拡散源33が1枚に対してシリコン基板21は2枚拡散できるが、両面に不純物拡散層を形成する場合には、同図(b)に示すように、シリコン基板21の両側に固体拡散源33を配置しなければならず、固体拡散源33のコスト或いはシリコン基板21の処理数が少なくなるために、工程コストが高くなる。

【0049】これに対して、上述したように、シリコン

基板21の片面に塗布拡散源を塗布して、複数枚のシリコン基板21を所定の間隔で配置することにより、材料コスト、工程コストとともに片面だけに拡散を行う場合と同等でありながら、両面にも不純物拡散層を形成することができる。

【0050】次いで、上述したようにシリコン基板21の両面に高濃度ボロン拡散層21a、21bを形成した後、高濃度ボロン拡散層21a、21bの表面に形成された $B_2O_3$ 層をフッ酸により除去する。 $B_2O_3$ 層の下にシリコンとボロンの化合物層が形成されており、これを除去する場合は、酸化することによってフッ酸で除去できるようになる。このように酸化してフッ酸でシリコンとボロンの化合物層を除去しても、ボロンの拡散されたシリコン基板21の表面にはマイクロラフネスが生じているので、後に行う直接接合で接合することができない。

【0051】そこで、更にCMP (Chemical-Mechanical-Polishing) 研磨を行って、シリコンとボロンの化合物層ごと除去し、シリコン基板21の表面として直接接合可能な表面性(表面粗さ $R_a=5\text{ nm}$ 以下)を得る。CMP研磨では、最表面を $1000\text{ \AA}$ 以下の研磨量で面内均一に研磨することができるので、高濃度ボロン拡散層21aの変化は微量である。この場合、その研磨量を見込んでボロンを拡散させる拡散条件を決定すればよい。また、酸化してフッ酸処理してシリコンとボロンの化合物層を除去してからCMP研磨を行ってもよい。

【0052】図5に戻って、上述したようにしてシリコン基板21を製造する一方、同図(b)に示すように、別の工程で電極基板3となるシリコン基板27を製造する。ここでは、両面研磨の厚さ $600\text{ }\mu\text{m}$ の結晶面方位(100)の両面研磨したシリコン基板27に熱酸化膜3aを形成し、この熱酸化膜3aにエッチングにより凹部14を形成し、凹部14内に個別の電極15、絶縁層17等を形成した。なお、凹部14や個別の電極15の吐出室長手方向はシリコン基板27(電極基板3)の結晶軸 $\langle 110 \rangle$ 方向に平行に形成する。

【0053】そして、これらの流路基板1となるシリコン基板21を電極基板3となるシリコン基板27上に直接接合で接合する。ここでは、減圧下においてプリボンドしたものを $1000^\circ\text{C}$ 、2時間の熱処理をすることにより接合した。このとき結晶面方位(110)のシリコン基板21の結晶軸 $\langle 1-12 \rangle$ 方向と結晶面方位(100)のシリコン基板27の結晶軸 $\langle 110 \rangle$ 方向とが平行となるように貼り合わせる。

【0054】続いて、同図(c)に示すように、接合したシリコン基板21、27の各外面にLP-CVDによりシリコン窒化膜28a、28bを形成する。なお、LP-CVD窒化膜以外にも、プラズマ窒化膜、プラズマ酸化膜、熱酸化膜又はNi、Zr、Au等の耐アルカリの金属膜等も用いることができる。

【0055】次に、シリコン基板27上のシリコン窒化膜28b上にレジストをコートし、露光、現像によりインク供給口18の形状のレジストパターンを形成する。このパターンはシリコン基板27の結晶軸 $\langle 110 \rangle$ 方向に平行な一辺を持つ長方形形状とする。このとき、流路基板1となるシリコン基板21に形成する共通インク室8とインク供給口18のパターンの位置が一致するようにIR光によりアライメントする。

【0056】この場合、シリコンは長波長の光で透過率が高くなるので、IR光によって内部の段差や金属膜のパターンを見ることができる。ただし、シリコン表面が鏡面でない場合、鮮明なIR像が得られなく精密なアライメントが困難となるが、ここではシリコン基板27には両面研磨のシリコン基板を用いているのでIRアライメントでIR像をはっきり見ることができ、正確なアライメントが可能となる。なお、シリコン基板27に片面研磨の基板を用い、シリコン基板21との接合後にシリコン基板27を研磨しても良く、IRアライメント時にシリコン基板27の表面が鏡面となっていればよい。

【0057】また、水酸化カリウム水溶液などのアルカリ液で異方性エッチングすることにより、後にシリコン基板27にインク供給口18となる貫通穴を形成するとき、この結晶面方位(100)の面を異方性エッチングすることで $54.7^\circ$ の角度でテーパが形成されるので貫通穴の大きさはシリコン基板27の厚さによって変化する。したがって、シリコン基板27の厚さを制御することを考えれば、シリコン基板21との接合の後に研磨するよりも、予めシリコン基板27を両面研磨し、厚さを制御したほうがよい。

【0058】次に、同図(d)に示すように、レジストの開口部のシリコン窒化膜28bをドライエッチによりエッチング除去し、レジストをレジスト剥離液、硫酸等のウェットプロセス或いは酸素プラズマアッシャーなどのドライプロセスなどによって除去する。

【0059】続いて、同図(e)に示すように、濃度 $25\text{ wt}\%$ 、温度 $90^\circ\text{C}$ の水酸化カリウム水溶液によりシリコン基板27を異方性エッチングすることによって、インク供給口18となる貫通穴29の一部を形成する。このエッチング液では結晶面方位(100)の面のエッチングは $2.5\text{ }\mu\text{m}/\text{分}$ の速さで進行する。エッチングが進行し熱酸化膜3aに達すると、熱酸化膜3aのエッチレートが非常に小さいためエッチングは停止する。

【0060】上述したように、シリコン窒化膜28bの長方形開口パターンの一辺はシリコン基板27の結晶軸 $\langle 110 \rangle$ 方向に平行となっているので、結晶面方位(100)の面の異方性エッチングでは $54.7^\circ$ の角度で結晶面方位(111)の面よりなるテーパ面が形成される。ここでは、 $1.35\text{ mm}$ の幅の開口をエッチングした結果、熱酸化膜3aに到達したところのインク供給口18となる貫通穴29の幅は $0.5\text{ mm}$ となる。

【0061】次に、図6(a)に示すように、フッ酸系エッチング液により貫通穴29によって露出している熱酸化膜3aを除去する。

【0062】続いて、同図(b)に示すように、シリコン基板21上のシリコン窒化膜28a上にレジストをコートし、露光、現像により吐出室6や共通インク室8などのレジストパターンを形成する。この場合、上述したように電極基板3の個別の電極15と吐出室6のパターンの位置が一致するようにIR光によりアライメントする。また、凹部14や個別の電極15の吐出室長手方向はシリコン基板27の結晶軸<110>方向に平行であり、シリコン基板27の結晶軸<110>方向とシリコン基板21との結晶軸<1-12>方向とを平行に接合しているため、吐出室長手方向は必然的にシリコン基板21の結晶軸<1-12>方向となる。

【0063】そして、レジストの開口部のシリコン窒化膜28aをドライエッチによりエッチング除去し、レジストを除去する。続いて、同図(c)に示すように、30wt%の水酸化カリウム水溶液によって温度80℃にて、シリコン基板21の露出部分を高濃度ボロン拡散層21aの手前まで異方性エッチングする。

【0064】この場合、シリコン基板21の上側及び下側は高濃度ボロン拡散層21a、21bが形成されているので周知のごとく高濃度ボロン拡散層21a、21bのエッチレートは低くなるが、高濃度ボロン拡散層21bは高濃度ボロン拡散層21aよりもボロンの濃度が低くなっているため、エッチレートの低下が小さい。しかも、高濃度ボロン拡散層21a、21bでは低濃度の水酸化カリウム水溶液ではエッチレートが非常に小さくなるが、上述したように高濃度の水酸化カリウム水溶液を用いた場合には、エッチレートの低下は小さく、高濃度ボロン拡散層21bをエッチングすることが可能である。

【0065】また、シリコン基板21は結晶面方位(110)の基板を用いているため、貫通穴29の吐出室長手方向(紙面垂直方向)はシリコン基板21の結晶軸が一致せず、若干横方向にエッチングが進行する。

【0066】次に、同図(d)に示すように、エッチング液をIPA(イソプロピルアルコール)を過飽和状態に添加した30wt%の水酸化カリウム水溶液に変えて、温度80℃にてシリコン基板21を異方性エッチングし、吐出室6、共通インク室8、高濃度ボロン拡散層21aからなる振動板10を形成した流路基板1を形成する。

【0067】このエッチング液ではシリコン基板21の結晶面方位(110)の面のエッチングは1.5μm/分の速さで進行する。また、このエッチング液では高濃度ボロン拡散層21aに達すると、エッチレートは急激に低下する。エッチング終了時にはエッチレート比(高濃度ボロン拡散層21aのエッチレート/結晶面方位

(110)の面のエッチレート)は1/150に低下し、厚さ2μmの振動板10が得られた。また、このとき、貫通穴29部分のシリコン基板21は両面からエッチングが進み高濃度ボロン拡散層21aが貫通する。

【0068】上述したように、ここでは、シリコン基板21のエッチング液を途中で変えている。すなわち、最初のエッチング液には高濃度ボロン拡散層21bであってもエッチングが進行するものを選ぶ。例えば、エッチング液には30wt%以上の高濃度の水酸化カリウム水溶液を用いる。高濃度の水酸化カリウム水溶液であってもエッチレートは低下するが、2μm程度の高濃度ボロン拡散層21bをエッチングすることは可能である。

【0069】2番目のエッチング液にはIPAを添加した水酸化カリウム水溶液或いは低濃度の水酸化カリウム水溶液、EDP等を用いて高濃度ボロン拡散層21aでのエッチレートが小さくなるものを選ぶことにより、高濃度ボロン拡散層21aに到達するとエッチレートが急激に減少して、高濃度ボロン拡散層21aのみがシリコン基板21に残留する。

【0070】以上の条件により振動板10の厚さは30で2±0.08μm、エッチング表面性は光学干渉式表面形状測定装置(ZYGO MAXIM3D)で測定した結果、表面粗さRa:0.01μmのものが得られた。

【0071】なお、水酸化カリウム水溶液はEDP(エチレンジアミンピロカテコール)に比べ、ボロン濃度に対するエッチレートの低下が小さいが、水酸化カリウム水溶液にIPAを添加した場合、IPAを添加しない水酸化カリウム水溶液よりもボロン濃度の低い結晶面方位(110)の面のエッチレートに対する高濃度ボロン拡散層21aのエッチレート比が小さくなる。IPAは沸点が低く熱を加えると蒸発が激しいので、蒸気を冷却して液化しエッチング槽に戻すための環流装置を付けるのが好ましい。

【0072】また、高濃度ボロン拡散層21bを水酸化カリウムなどのエッチング液以外に、ドライエッチングによってエッチングすることも可能である。高濃度ボロン拡散層21bが貫通した後に、上述したように高濃度ボロン拡散層21aをエッチング液でエッチングする。次に、シリコン窒化膜28b、28aを熱リン酸などによるウェットエッチによりエッチング除去する。なお、このシリコン窒化膜28b、28aは除去せずにそのまま残しておいても良い。

【0073】続いて、同図(d)の線A-Aで示す位置をダイシングすることによって、ウェハからチップサイズに切り出す。その後、図7(a)に示すように、吐出室6及び共通インク室8を保護するようにメタルマスク30をかぶせて、電極パッド部15a上にある高濃度ボロン拡散層21aをドライエッチによりエッチング除去し、電極パッド部15a上の絶縁層17もドライエッチ



によりエッチング除去する。

【0074】最後に、シリコン基板21の高濃度ボロン拡散層21b側にノズル板4を接合することによりインクジェットヘッドが完成する。このインクジェットヘッドの共通電極12と電極パッド部15aをドライバ20に接続することによりインクジェットヘッドの駆動が可能となる。

【0075】次に、本発明に係るインクジェットヘッドの他の実施形態について図11を参照して説明する。このインクジェットヘッドは、電極基板43にパイレックスガラス（ホウ珪酸ガラス）43を用いたものであり、インク供給口18の断面形状を除いてその他の構成は前記実施形態のインクジェットヘッドと同様である。

【0076】そこで、このインクジェットヘッドの製造工程について図12及び図13を参照して説明する。まず、同図（a）に示すように、結晶面方位（110）のp型のシリコン基板21の両面に前述した方法により高濃度ボロン拡散層21a、21bを形成し、同図（b）に示すように、このシリコン基板21の両面に水酸化カリウム水溶液でエッチングするときのマスクとなるシリコン窒化膜28b、28aを形成する。

【0077】そして、同図（c）に示すように、シリコン基板21上のシリコン窒化膜28a上にレジストをコートし、露光、現像により吐出室6や共通インク室8などの形状のレジストパターンを形成する。次に、レジストの開口部のシリコン窒化膜28bをドライエッチによりエッチング除去し、レジストを除去する。

【0078】次に、同図（d）に示すように、前述したと同様に、30wt%の水酸化カリウム水溶液によって温度80℃にてシリコン基板21の露出部分を高濃度ボロン拡散層21aの手前まで異方性エッチングし、続いて、同図（e）に示すように、エッチング液をIPAを過飽和状態に添加した25wt%の水酸化カリウム水溶液に変えて、温度80℃にてシリコン基板21を異方性エッチングして、高濃度ボロン拡散層21aをエッチングストップ層としてエッチングストップし、振動板10を形成する。そして、破線で示す位置で切断して1つのチップを形成する。

【0079】一方、同図（f）に示すように、別工程で、電極基板43となるパイレックス（登録商標）ガラス基板50に凹部14を0.5μmの深さまでエッチングして形成し、この凹部14に電極材料である金を0.1μmスパッタして形成し、これをパターンニングして個別の電極15を形成し、更に絶縁層17を形成する。なお、電極パッド部15aもボンディングのための金をスパッタする。

【0080】そこで、図B（a）に示すようにシリコン基板21をパイレックスガラス基板50上に重ね合わせ、シリコン基板21上に電極板52を、パイレックスガラス基板50の下面に電極板53を配設して、温度3

50℃にて、電極板52、53間に電源54から例えば500Vの直流電圧を印加することで、シリコン基板21とパイレックスガラス基板50とを陽極接合によって接合する。

【0081】なお、シリコン基板21はp型を用いているので、陽極接合時にシリコン基板21に接続する電極を任意の場所から取ることができるが、ここでは、電極板52をシリコン基板21の上面全面に接触させてコンタクトを取っている。電極板52との接触部分は高濃度ボロン拡散層21bが形成されているのでコンタクト抵抗を小さくできるという効果もある。

【0082】最後に、同図（b）に示すように、シリコン基板21の高濃度ボロン拡散層21b側にノズル板4を接合することによりインクジェットヘッドが完成する。

【0083】なお、上記各実施形態においては、主として本発明を振動板変位方向とインク滴吐出方向が同じになるサイドシュータ方式のインクジェットヘッドに適用したが、前述したように振動板変位方向とインク滴吐出方向と直交するエッジシュータ方式のインクジェットヘッドにも同様に適用することができる。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るインクジェットヘッドによれば、振動板を形成する基板は両面に高濃度p型不純物層を形成したシリコン基板であり、振動板を形成しない面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量が振動板を形成する面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量よりも小さくしたので、低コストで、高濃度p型不純物層の応力によるシリコン基板の反りを低減することができ、安価で安定したインクジェットヘッドを得ることができる。

【0085】ここで、振動板を形成しない面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量が振動板を形成する面の高濃度p型不純物層の不純物のドーパ量の20～95%の範囲内にすることで、確実に高濃度p型不純物層の応力によるシリコン基板の反りを低減することができる。

【0086】また、高濃度p型不純物層を塗布拡散法で形成することで、両面同時に高濃度p型不純物層を形成することが可能になり、片面に高濃度p型不純物層を形成するのと同等のコストでシリコン基板の反りを低減することができる。

【0087】さらに、シリコン基板の型がp型であるので、駆動回路を接続する共通電極もシリコン基板の任意の場所に設けることができ、設計の自由度が大きくなり、コンタクト抵抗が小さく、高効率の駆動が可能なインクジェットヘッドを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した静電型インクジェットヘッドの分解斜視説明図

【図2】同ヘッドのノズル板を除いた上面説明図

15

16

【図3】同ヘッドの吐出室長辺方向に沿う模式的断面説明図

【図4】同ヘッドの吐出室短辺方向に沿う模式的断面説明図

【図5】同ヘッドの製造工程の説明に供する模式的断面説明図

【図6】同ヘッドの製造工程の説明に供する模式的断面説明図

【図7】同ヘッドの製造工程の説明に供する模式的断面説明図

【図8】図5(a)のシリコン基板の高濃度ボロン拡散層の形成工程を説明する説明図

【図9】図8の製造工程で得られたシリコン基板のボロン濃度分布図を説明する説明図

\*【図10】シリコン基板の高濃度ボロン拡散層の形成工程の比較例の説明に供する説明図

【図11】本発明の他の実施形態に係るインクジェットヘッドの吐出室長辺方向に沿う模式的断面説明図

【図12】同ヘッドの製造工程の説明に供する模式的断面説明図

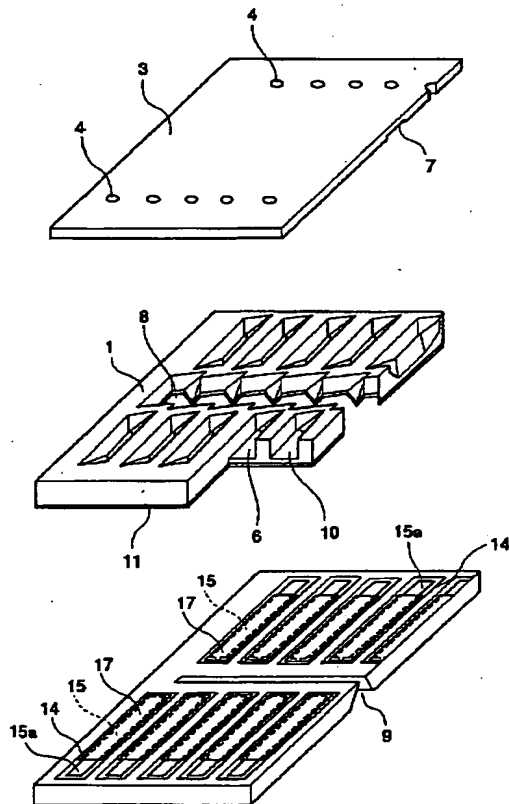
【図13】同ヘッドの製造工程の説明に供する模式的断面説明図

【符号の説明】

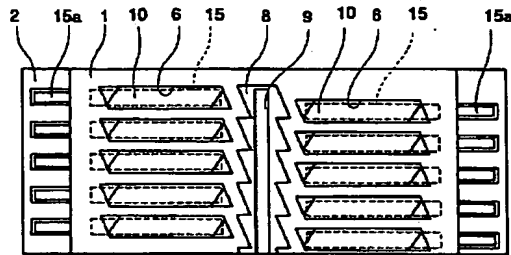
- 10 1…流路基板、3…電極基板、3a…熱酸化膜、4…ノズル板、5…ノズル、6…吐出室、10…振動板、15…電極、21…シリコン基板、21a、21b…高濃度ボロン拡散層。

\*

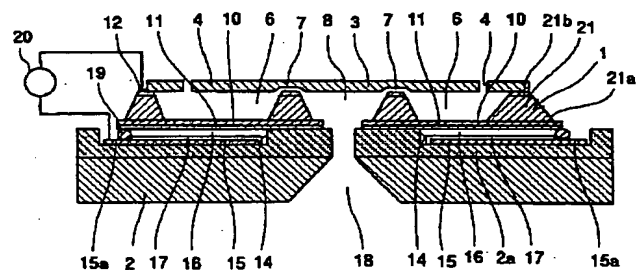
【図1】



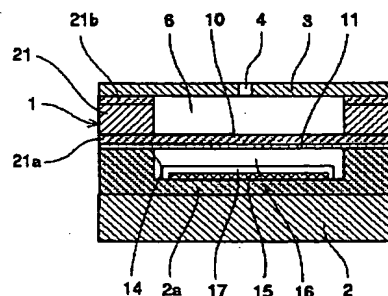
【図2】



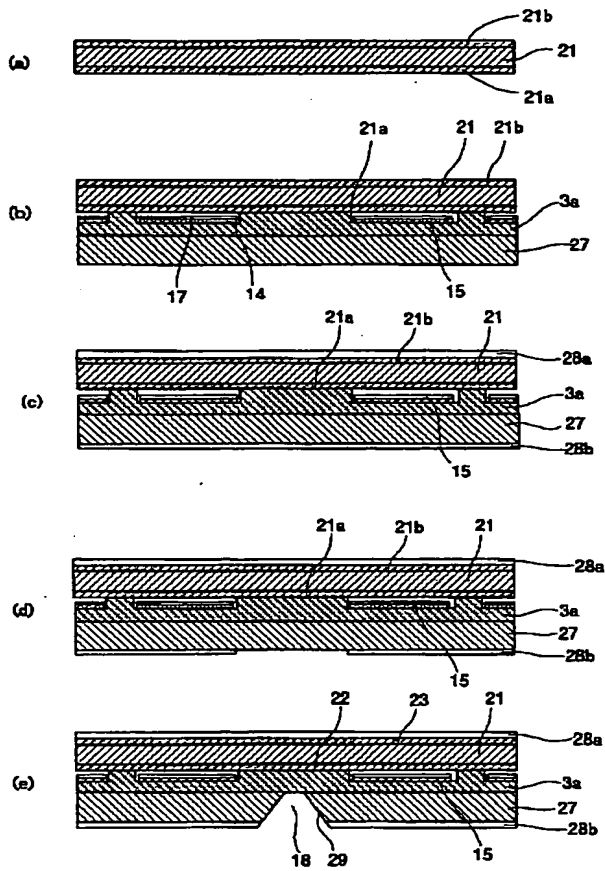
【図3】



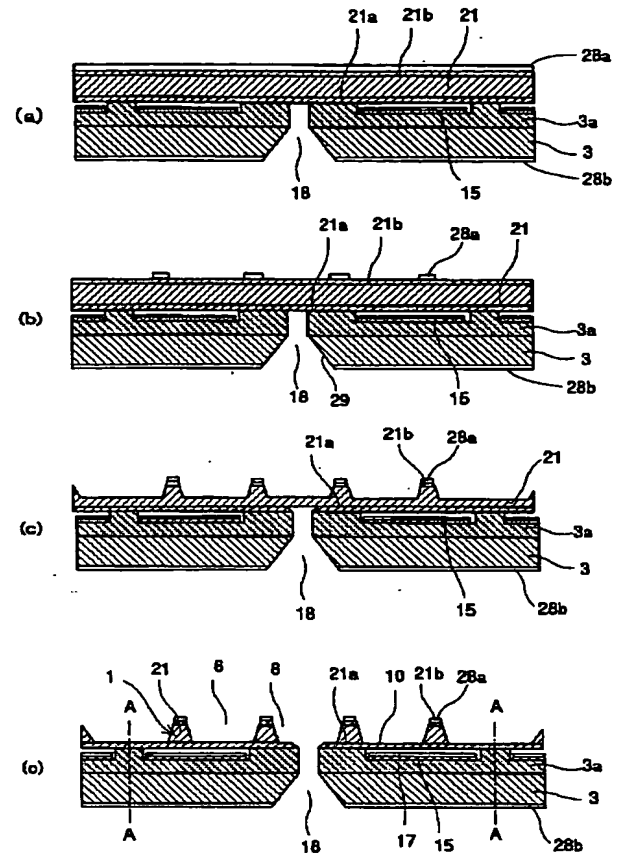
【図4】



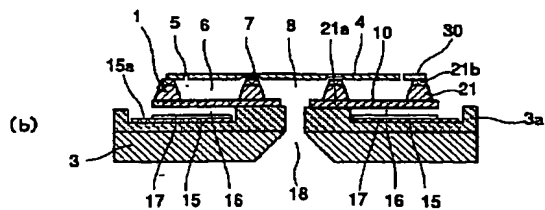
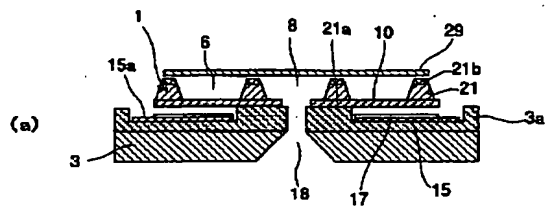
【図5】



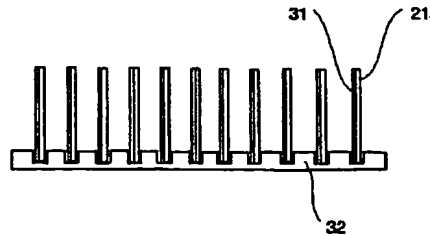
【図6】



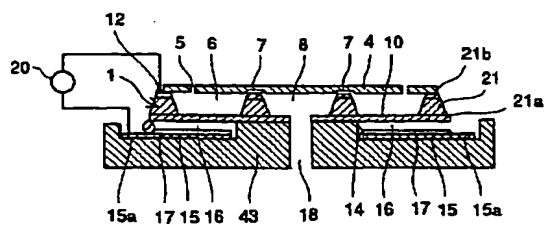
【図7】



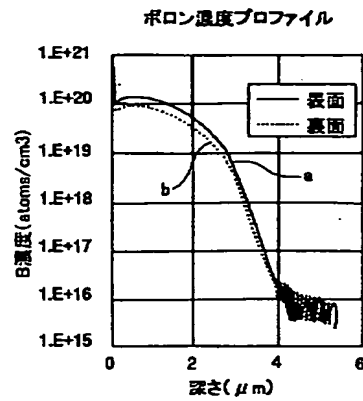
【図8】



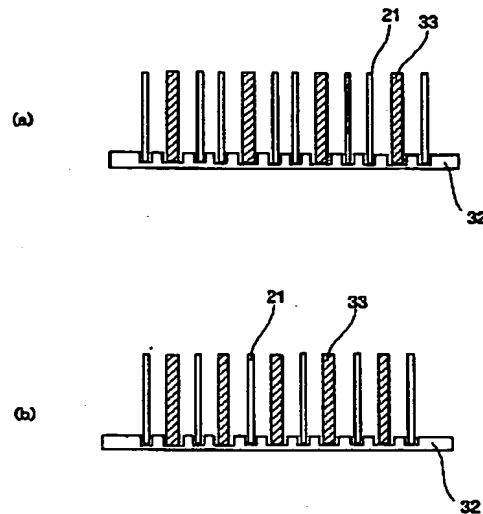
【図11】



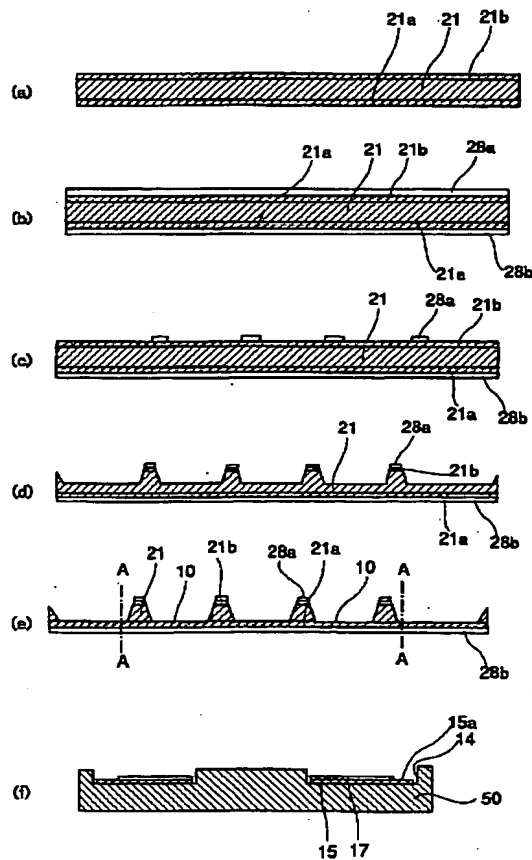
【図9】



【図10】



【図12】



【図13】

